

# **bbr**

*Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau*

Sonderdruck aus bbr Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau,  
Ausgabe 10/1983

## **Gewinnung von Lockergesteinsproben ohne Störung des natürlichen Milieus**

**- Methodik, Erfahrungen, Ergebnisse -**

Ing. Wilhelm Assmann  
Dr. Hanskarl Brühl  
Dipl.-Berging. Lutz-Peter Nolte  
Dr. Hans-Jürgen Pickel



**NBB** Nord Bohr und Brunnenbau GmbH

**Zentrale Hamburg**

Randersweide 1  
21035 Hamburg

Tel. 0 40 / 73 59 56 - 30

Fax 0 40 / 73 59 56 - 40 / - 66

**Büro Grimmen**

Zum Rauhen Berg 3  
18507 Grimmen

Tel. 03 83 26 / 41 09

Fax 03 83 26 / 4 66 22

**Büro Rauda**

Am Fuchsgraben 2  
07613 Rauda

Tel. 03 66 91 – 83 95 07

Fax 03 66 91 – 83 95 06

# Gewinnung von Lockergesteinsproben ohne Störung des natürlichen Milieus

– Methodik, Erfahrungen, Ergebnisse –

Von W. Assmann, H. Brühl, L.-P. Nolte und H.-J. Pickel

## Kurzfassung

Zur Lösung spezieller Fragestellungen und Laboruntersuchungen ist es mit Hilfe bohrtechnischer und apparativer Verfahren gelungen, Sandproben und Formationswasser im natürlichen Milieu zu gewinnen und für die weitere Bearbeitung aufzubewahren.

## Abstract

For the solution of special questions and laboratory analyses it has been succeeded in winning and preserving samples of sand and formation water from their original environment by special methods of boring and apparative technique.

## 1. Einleitung

Spülproben aus Lockergesteinsformationen sind bei den heute angewendeten Bohrverfahren mit Spülmittelzusätzen kontaminiert und haben Kontakt mit der atmosphärischen Luft. Hierdurch sind sie für spezielle Laboruntersuchungen, z. B. Sorptionsmessungen und Versuche zur Radionuklidmigration, nicht zu verwenden.

Es wurden verschiedene Methoden entwickelt und eingesetzt, um Sandproben und dazugehöriges Formationswasser aus Grundwassermeßstellen und Spülbohrungen bei weitgehender Erhaltung des natürlichen Milieus zu gewinnen.

## 2. Zielsetzung

Bei den zu beprobenden Schichtfolgen sollen sich die Lockergesteins- und Grundwasserproben im geochemischen

Gleichgewicht befinden, wie es der natürlichen Lagerung entspricht. Der ursprüngliche Zustand bleibt dabei in stofflicher Hinsicht soweit erhalten, daß chemische und mikrobiologisch gesteuerte Umsetzungen das Gleichgewicht nach der Probennahme nicht stören. Konservierungsmittel sind nicht zugelassen.

Die Entnahmehorizonte bestanden aus Mittel- bis Grobsanden, Feinsanden und schluffigen Sanden des Quartärs und Tertiärs. Die entsprechenden Wässer sind teilweise nur schwach mineralisiert, teilweise auch stark versalzen. Die Entnahmetiefe betrug bis zu 240 m u. G., wobei ab einigen zehner Metern u. G. reduzierte Verhältnisse vorliegen, so daß eine Aufbewahrung von Kernproben in Schlauchfolien über längere Zeit aufgrund der Gasdurchlässigkeit des Kunststoffmaterials nicht möglich war.

Es wurde weniger Wert gelegt auf ungestörte Lagerungsverhältnisse der Proben, als vielmehr auf eine Mischprobe, die die Zusammensetzung über das bemusterte Teufenintervall repräsentiert.

Bei der Probennahme wird angestrebt, das natürliche Kornspektrum möglichst vollständig zu erhalten oder wenigstens danach die ursprüngliche Kornverteilung in einer homogenen Mischung wieder herstellen zu können. Der Kornverband und die Schichtlagerung dürfen gestört sein.

## 3. Konventionelle Probengewinnung

### 3.1 Spülproben

Als Bohrverfahren kommen heute in Lockergesteinsformationen ab einer bestimmten Tiefe praktisch ausschließlich das Druckspülbohren mit direkter Spülstromrichtung oder das Lufthebebohren mit indirekter Spülstromrichtung zur Ausführung.

Das anstehende Gebirge wird dabei während des Lösevorganges und des Förderprozesses von der Bohrlochsohle nach übertage aufgelockert, vermischt, aufgeweicht, entschlämmt und je nach den Bohrverfahren mehr oder weniger nach Gewicht, Stückigkeit und nach dem Grad des Auflockerungsprozesses des Bohrgutes sortiert.

Bei der Probengewinnung tritt eine Selektion zugunsten bestimmter Korngrößen des Sandes ein. Die groben Kornfraktionen werden zu einem geringeren Anteil mobilisiert als die mittleren und feinkörnigen Fraktionen. Der Feinkornanteil geht bei der Probengewinnung aus dem Spülstrom zum größten Teil verloren.

Da bei den verwendeten Verfahren Spülmittel zugesetzt werden müssen, sind Bohrproben damit vollständig kontaminiert.

Beim Lufthebeverfahren findet darüber hinaus ein intensiver Kontakt des Bohrgutes mit atmosphärischer Luft statt.

### 3.2 Kernproben

Die Proben werden durch Einsatz von Doppelkern- bzw. Seilkernrohren mit Spülung oder trocken mit dem Schlauchkernrohr gewonnen. Die gewinnbare Probenmenge ist bei einem Kerndurchmesser von ca. 100 mm entsprechend gering.

Beim Einsatz von Kerngeräten mit Druckspülung ist eine Verunreinigung der Kernproben insbesondere bei sandigem Material möglich. Ab einer Tiefe von ca. 100 m ist die Gewinnung von Kernproben aus festgelagerten sandigen Formationen schwierig, da ein Bohrfortschritt nur mit Hilfe von Spülung zu erreichen ist, gleichzeitig aber dann die Sande ausgespült werden. Der Kerngewinn aus solchen Bereichen kann daher außerordentlich unbefriedigend sein.

#### 4. Gewinnung reiner Sandproben aus Grundwassermeßstellen

Im Rahmen eines hydrogeologischen Untersuchungsprogramms wurden zahlreiche Grundwassermeßstellen in unterschiedlichen Tiefen mit Filterlagen bis zu 300 m u. G. eingerichtet. Aus diesen Meßstellen sollten durch eine zusätzliche Filterstrecke Sandproben gewonnen werden.

Das Profil am jeweiligen Bohransatzpunkt war durch eine vorangegangene Aufschlußbohrung bekannt, so daß die Meßstellenbohrung bis zur vorgesehenen Tiefe mit einem Bohrdurchmesser von 200 mm niedergebracht werden konnte. Der Ausbau erfolgte mit PVC-Filter- und Aufsatzrohren DN 100. Wie bei den übrigen Meßstellen wurden in den zu beprobenden Grundwasserleitern Filterrohre mit einer Schlitzweite von 0,3 mm eingebaut und in den Ringraum zum Gebirge ein Filterkies, Körnung 0,7 bis 1,2 mm, geschüttet.

Um für eine Probennahme den Eintritt von Sand aus demselben Grundwasserleiter in die Meßstelle zu ermöglichen, sind darunter 2 m Filterrohr mit einer Schlitzweite von 2 mm eingebaut worden (»Sandfangfilter«). Die in diesem Bereich eingebrachte Korngröße der Ringraumverfüllung beträgt 3 bis 5 mm. Beide Filterstrecken sind durch ein 2 m langes, vollwandiges Aufsatzrohr getrennt. Der Ausbau einer derartigen Grundwassermeßstelle ist in Abb. 1 dargestellt.

Das Entwickeln einer derartig ausgebauten Meßstelle kann nur mit geringem Förderstrom erfolgen, da sonst bereits

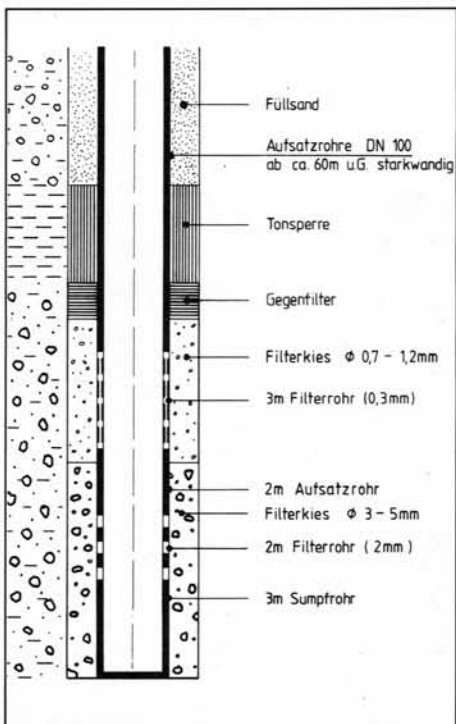


Abb. 1: Schema einer Grundwassermeßstelle mit »Sandfangfilter«

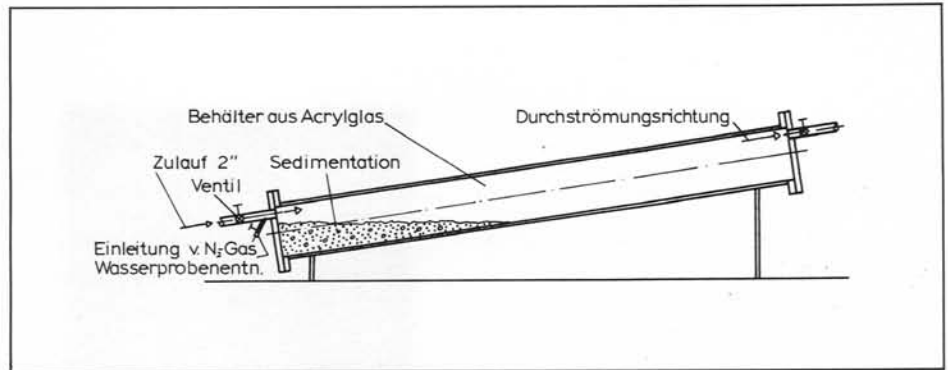


Abb. 2: »Sedimentationsrohr« (Länge 1,5 m, Durchmesser 200 mm) zur Gewinnung von Lockergesteinsproben. Feinkornanteile werden dabei als Schwebstoffe z. T. ausgetragen und müssen ggf. in Absetzgefäßen gesondert gewonnen werden.

Sand gefördert wird und sich der ausgefilterte Bereich aufgrund des natürlichen Kornaufbaus zusetzt. Eine Sandprobenahme ist dann nach dem Entwickeln nicht mehr möglich.

Bei dem »vorsichtigen« Pumpen zeigte es sich jedoch, daß durch den Bohrvorgang eingebrachte Spülmittelzusätze über längere Zeit im geförderten Wasser enthalten waren. Ein weiteres Indiz für eine Kontamination war der Nachweis von der Spülung zugegebenen Natrium-Fluoreszein\*).

Nach dem Entwickeln wurde der Förderstrom und damit die Sandführung erhöht. Die Entnahme der Proben erfolgte bei geringem Fluorabstand des Grundwassers zunächst mit überlagte aufgestellten Kreiselpumpen. Teilweise waren mehrere dieser Kreiselpumpen in Reihe geschaltet. Der Sandgehalt betrug hierbei bis zu 30% des geförderten Wassers. Dabei waren jedoch Entgasungsvorgänge und das Ziehen von Luft kaum zu vermeiden. Deshalb wurden später nur Unterwasserpumpen eingesetzt.

Hinter dem Kopf der Steigleitung bzw. der Saugpumpe war ein 1,50 m langer, in Fließrichtung steigender, Auffangbehälter  $\phi$  200 mm angeordnet. In diesem Behälter verringerte sich die Fließgeschwindigkeit soweit, daß der Sand sedimentierte. Da es sich bei der gesamten Entnahmeverrichtung (Unterwasserpumpe, Steigleitung, Auffangbehälter) um ein geschlossenes System handelte und vorher, wie auch beim Entleeren, Stickstoff als Inertgas in den Auffangbehälter gegeben wurde, war ein Kontakt mit atmosphärischer Luft ausgeschlossen. Das Schema eines »Sedimentationsrohres« zeigt die Abb. 2.

Die Schwierigkeit einer derartigen Probengewinnung aus Grundwassermeßstellen besteht darin, daß bei entsprechendem Sandeintrag die Entwicklung der Meßstelle nur mit geringen Leistungen über einen längeren Zeitraum erfolgen kann. Nach Erhöhung des Förderstroms werden die weiter in das Ge-

birge eingedrungenen Spülmittelzusätze angezogen und später als Verunreinigung der Proben im Labor festgestellt. Deshalb ist eine ständige Kontrolle vor Ort nötig.

Bei der Probennahme ist eine Selektion der Grobsandfraktion unvermeidlich, weil diese durch den Filterkies am Eintritt in die Grundwassermeßstelle gehindert wird. Ihr Verlust ist jedoch z. B. für Sorptionsversuche tragbar.

Nach Beendigung der Probennahme wird die Meßstelle entsandet und die untere Filterstrecke mit der größeren Schlitzweite verfüllt. Die Meßstellen können anschließend für Wasserspiegelmessungen, Wasserprobenentnahmen etc. genutzt werden.

#### 5. Probengewinnung aus Spülbohrungen/Brunnenbohrungen

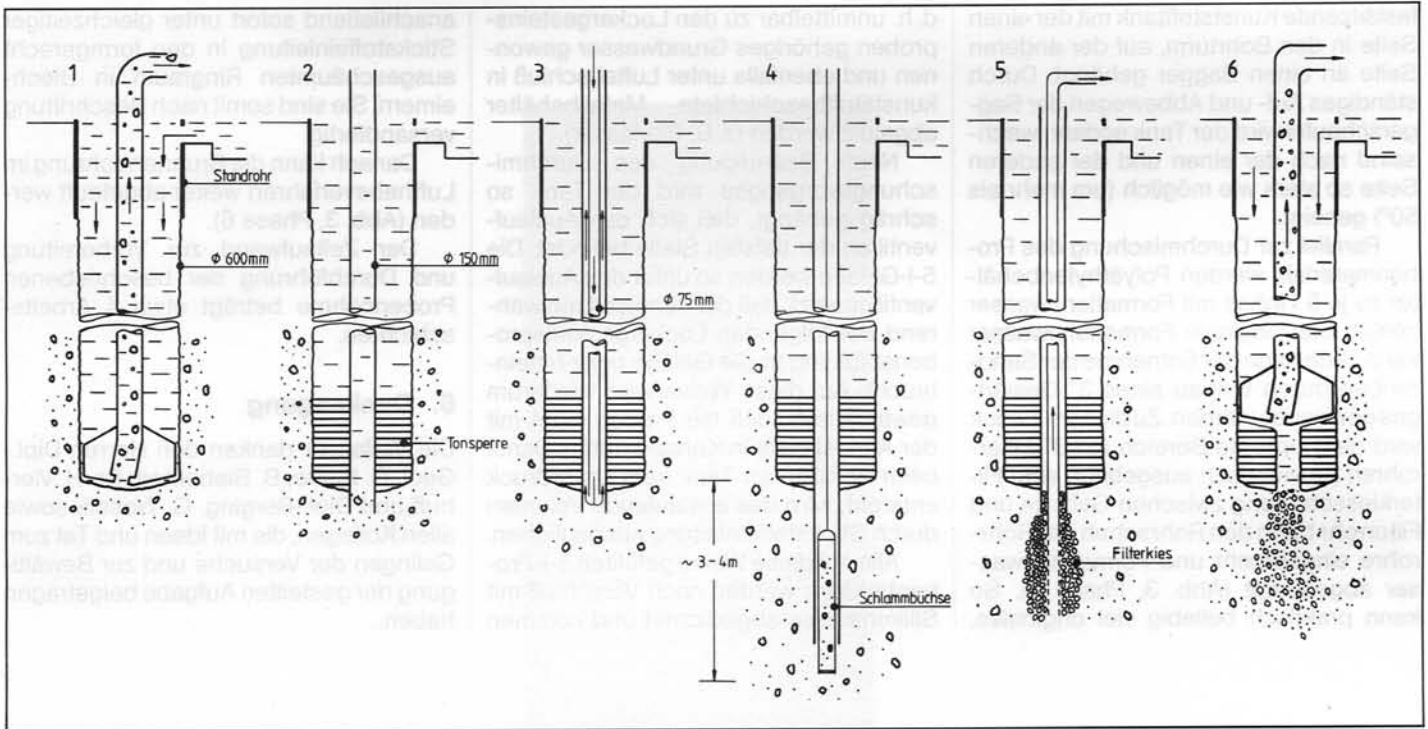
Aufgrund der Erfahrungen bei der Entnahme von Proben aus Grundwassermeßstellen wurde ein Verfahren entwickelt, Lockergesteins- und Grundwasserproben in natürlichem chemischen Milieu und in natürlicher Korngrößenzusammensetzung aus Brunnenbohrungen zu gewinnen.

Die Brunnen selber waren an sich für Pumpversuche zur Ermittlung hydraulischer Parameter geplant.

Der Arbeitsablauf ist gemäß Abb. 3 wie folgt:

Mit dem Lufthebeverfahren wird bei einem Bohrdurchmesser von 600 mm bis zur gewünschten Entnahmetiefe gebohrt (Abb. 3, Phase 1) und dann das Bohrgestänge mit dem Meißel ausgebaut. Anschließend wird ein ca. 6 m langes Stahlrohr am Bohrgestänge  $\phi$  150 mm auf die Bohrlochsohle abgesetzt, bis ins Sediment der Bohrlochsohle gedrückt und der Ringraum zwischen Gestänge und Gebirge mit Tonpellets aufgefüllt, bis eine mindestens 3 m mächtige Tonsperre im unteren Teil der Bohrung entsteht (Abb. 3, Phase 2).

\*) Farbstoff mit dem Handelsnamen »Uranin«



**Abb. 3: Schematischer Arbeitsablauf zur Gewinnung von Lockergesteins- und Grundwasserproben bei weitgehender Erhaltung des natürlichen Milieus.**  
 1: Abteufen der Bohrung im Lufthebebohrverfahren, hier  $\phi$  600 mm  
 2: Setzen und Pressen des Bohrgestänges bis unter Bohrlochsohle, Aufbau einer Tonsperre  
 3: Einbau eines 3"-Rohres, Auszirkulieren der vorhandenen Spülung  
 4: Gewinnung von Sedimentproben mittels Spezial-Schlammbüchse unter gleichzeitigem Nachsetzen des Bohrgestänges  
 5: Einbau von Filter- und Aufsatzrohren DN 75, Einbringen von Filterkies und Gewinnung von Formationswasser  
 6: Ausbau der Rohre DN 150 und DN 75, Aufbohren der Tonsperre und Fortführen der Bohrarbeiten

In das noch mit Spülung gefüllte Bohrgestänge wird bis kurz oberhalb der Bohrlochsohle ein 3"-Rohr eingebaut und nicht kontaminiertes Grundwasser des gleichen Grundwasserleiters aus einem benachbarten Brunnen zum Austausch der Spülung einzirkuliert. Anschließend wird solange gespült, bis sich mit der Zephirol-Methode keine Spülungsreste (CMC-Äquivalente) mehr nachweisen lassen. Erfahrungsgemäß ist dazu etwa der 20-fache Wasserinhalt des Bohrgestänges erforderlich (Abb. 3, Phase 3).

Nach dem Ausbau der 3"-Spülrohre kommt ein speziell für die Sandprobenentnahme entwickelter, 1 m<sup>3</sup> fassender Kunststofftank mit über einem Schieber (DN 200) aufgesetzter Materialschleuse zur Aufnahme und Entleerung von Schlammbüchsen zum Einsatz. Die Tankkonstruktion ist schematisch in Abb. 4 dargestellt.

Der Tank wird zunächst mit Stickstoff gespült, um darin eine sauerstofffreie Atmosphäre zu schaffen und darauf mit dem zuvor schon zur Spülung des Bohrgestänges verwendeten »sauberen« Grundwasser aus einem benachbarten Brunnen von unten nach oben unter gleichzeitiger Verdrängung des Stickstoffs bis an die Oberkante der aufgesetzten Schleuse gefüllt. Nach dem Füllen des Tanks dann voll mit Formationswasser.

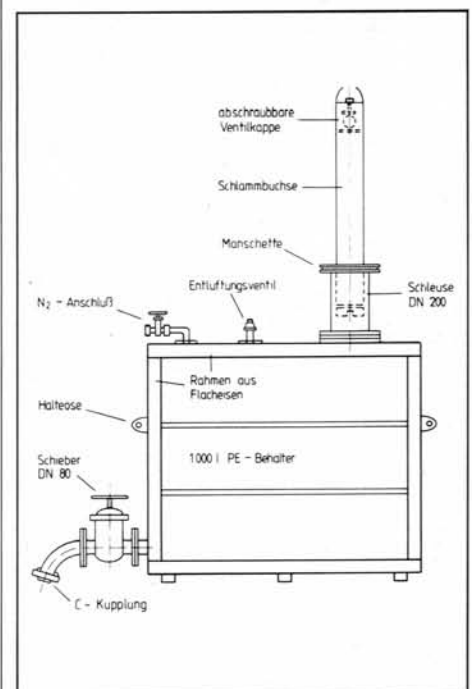
Die eigentliche Sandprobenentnahme erfolgt nun durch das Bohrgestänge mit Hilfe einer Schlammbüchse mit oben eingebautem Kugelventil und abschraubbarer Ventilkappe (Abb. 3, Phase 4).

Die ersten Schlammbüchsenfüllungen werden verworfen, da im Sediment unmittelbar unter der Bohrlochsohle noch Spülungsreste vorhanden sein können. Erscheinen die zutage geförderten Proben frei von Spülungsbeimengungen (s.o.), so werden die vollen Schlammbüchsen in die mit Formationswasser gefüllte Materialschleuse eingeführt und durch Abschrauben der Ventilkappe in den Tank entleert, ohne dabei mit der Atmosphäre in Berührung gekommen zu sein. Wichtig ist, daß die Schlammbüchse im Gestänge langsam gezogen wird, um einen Kolbenpumpeneffekt zu vermeiden. Dieser könnte zu einem starken Sog am offenen Ende des Gestängerohres und damit zu einem hydraulischen Grundbruch im Bereich der Sohle nebst folgendem Eintrieb von Spülungsinhaltsstoffen aus dem Gebirge führen.

Um eine zu starke Auskolkung um das Rohrende und damit eine Umspülung der Tonsperre zu vermeiden, wird das Bohrgestänge ohnedies nach jeweils 2 bis 3 Schlammbüchsenentnahmen etwas tiefer in das Bohrloch gedrückt (vgl. Abb. 3, Phase 4).

Sobald der Tank zu 10 bis 15% mit Lockergesteinsmaterial gefüllt ist (dies entspricht etwa 200 bis 250 kg Lockergestein), wird die Probenentnahme mit der Schlammbüchse beendet und der Schieber am Tank verschlossen.

Zur Homogenisierung des Probenmaterials wird der in einem Stahlrahmen



**Abb. 4: Probenmischbehälter mit Materialschleuse und Schlammbüchse**

feststehende Kunststofftank mit der einen Seite in den Bohrturm, auf der anderen Seite an einen Bagger gehängt. Durch ständiges Auf- und Abbewegen der Baggerschaufel wird der Tank sodann wechselnd nach der einen und der anderen Seite so stark wie möglich (um mehr als 50°) geneigt.

Parallel zur Durchmischung des Probenmaterials werden Polyäthylenbehälter zu je 5 l Inhalt mit Formationswasser gefüllt. Das originale Formationswasser kann auch nach der Entnahme der Sandproben durch Einbau eines 3"-Gestänges gewonnen werden. Zu diesem Zweck wird der beprobte Bereich mit 3"-Filterrohren provisorisch ausgebaut, eine Filterkiesschüttung zwischen Gebirge und Filterrohr bis in den Rohrschuh der Bohrröhre eingebracht und Formationswasser abgepumpt (Abb. 3, Phase 5). So kann praktisch beliebig viel originales,

d. h. unmittelbar zu den Lockergesteinsproben gehöriges Grundwasser gewonnen und ebenfalls unter Luftabschluß in kunststoffbeschichtete Metallbehälter abgefüllt werden (z. B. Bierfässer).

Nach Beendigung des Durchmischungsvorganges wird der Tank so schräg gehängt, daß sich das Auslaufventil an der tiefsten Stelle befindet. Die 5-l-Gefäße werden so unter das Auslaufventil gesetzt, daß der Ventilstutzen während der folgenden Lockergesteinsprobenabfüllung in die Gefäße ganz hineintaucht. Auf diese Weise wird wiederum gewährleistet, daß die Proben nicht mit der Atmosphäre in Kontakt treten. Damit beim Abfüllen im Tank kein Unterdruck entsteht, wird das auslaufende Volumen durch Stickstoffeinleitung ausgeglichen.

Alle auf diese Weise gefüllten 5-l-Probenbehälter werden nach Verschuß mit Silikonmasse abgedichtet und kommen

anschließend sofort unter gleichzeitiger Stickstoffeinleitung in den formgerecht ausgeschäumten Ringraum in Blecheimern. Sie sind somit nach Beschriftung versandfertig.

Danach kann die Brunnenbohrung im Lufthebeverfahren weiter abgeteuft werden (Abb. 3, Phase 6).

Der Zeitaufwand zur Vorbereitung und Durchführung der beschriebenen Probennahme beträgt etwa 4 Arbeitsschichten.

## **6. Danksagung**

Die Verfasser danken den Herren Dipl.-Geol. G. Barke, B. Bieberneit, Dr. H. Vierhuff und Dipl.-Berging. G. Wosnik sowie allen Kollegen, die mit Ideen und Tat zum Gelingen der Versuche und zur Bewältigung der gestellten Aufgabe beigetragen haben.